

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-291686

(43)公開日 平成5年(1993)11月5日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21)出願番号 特願平4-94239

(22)出願日 平成4年(1992)4月14日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 萬濃 正也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 大仲 清司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

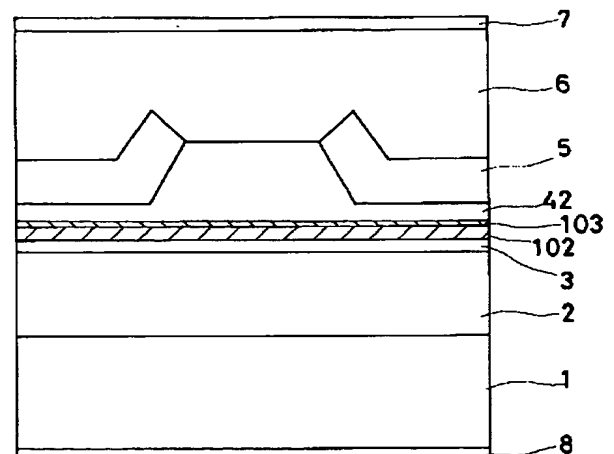
(74)代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【目的】 長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留まりの素子構造を有する横モード制御型の半導体レーザを提供する。

【構成】  $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層42とアンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  活性層3との間に、クラッド層42より拡散係数の小さいアンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  層103とアンドープ  $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  層102からなる拡散抑制層を設けている。そのため、結晶成長中や加工中に  $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層42から拡散した不純物のZnは、アンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  層103にほぼトラップされ、一部下部のアンドープ  $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  層102に拡散するもののアンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  活性層3には到達しない。



- 1 n-GaAs基板
- 2 n-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層
- 3 アンドープGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P活性層
- 42 p-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層
- 102 アンドープ(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層
- 103 アンドープGa<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs 基板上に格子整合のとれた2つの  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層の間に  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層 ( $0 \leq y < x \leq 1$ ) を備えたダブルヘテロ構造を有する半導体レーザであって、少なくとも一方の  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層と前記  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層との間に、アンドープあるいは低ドープ  $AlGaInP$  層を設けたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 GaAs 基板上に格子整合のとれた2つの  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層の間に  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層 ( $0 \leq y < x \leq 1$ ) を備えたダブルヘテロ構造を有する半導体レーザであって、少なくとも一方の  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層と前記  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層との間に、不純物の拡散係数が前記  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層より小さい  $AlGaInP$  層を含む単層あるいは多層の拡散抑止層を設けたことを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、情報の光通信あるいは光消去・記録・再生などに用いることができる  $AlGaInP$  系の横モード制御型の半導体レーザに関するものである。

## 【0002】

【従来の説明】 半導体レーザはレーザプリンタ、光ディスク等の情報処理装置用光源として、最近その重要性を増してきている。特に波長600nm帯の  $AlGaInP$  系半導体レーザが注目されており、その開発が活発に行われている。従来の  $AlGaInP$  系半導体レーザの素子構造は、例えば図3の断面図に示すようなものである。このような素子構造は、通常有機金属化学気相成長法(MOVPE法)等の結晶成長法により以下に示すような工程で形成される。

【0003】 まず、第1の結晶成長工程で、 $n-GaAs$  基板1上に、 $Se$ ドープの  $n-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層2、アンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  活性層3、 $Zn$ ドープの  $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層40、 $Zn$ ドープの  $p-GaAs$  キャップ層(図示せず)を順次積層する。次に、 $SiO_2$  マスク(図示せず)を用いて  $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層40を台形状にエッチングし、 $\langle 1-10 \rangle$  方向のメサストライプを形成した後、第2の結晶成長工程で、メサストライプの側面に  $n-GaAs$  電流狭窄層5を選択的に埋込み成長させる。

【0004】 次に、 $SiO_2$  マスク(図示せず)を除去した後、第3の結晶成長工程で、全面に  $p-GaAs$  コンタクト層6を積層する。最後に  $p$  側電極7及び  $n$  側電極8をそれぞれ形成する。このような素子構造を有する

半導体レーザは、 $n-GaAs$  電流狭窄層5により電流の狭窄を行うことができ、またレーザ光をメサストライプ下に閉じ込めて導波させるものであって、これにより横方向の導波構造が形成される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記従来の素子構造では次のような課題があった。 $n, p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層2, 40に添加された  $Se$  や  $Zn$  のような不純物は結晶成長中、もしくは熱処理中に結晶中を拡散することは免れず、特に上述の様な複数回の結晶成長工程を必要とする場合にその影響は多大で、 $PN$  接合位置が変化したり、またアンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  活性層3に拡散した不純物が活性層内に非発光再結合中心を発生させ、素子特性の劣化の原因となっていた。

【0006】 また、 $AlGaInP$  系材料のような、いわゆる自然超格子と呼ばれる秩序構造が結晶中に形成される材料では、 $Se$  や  $Zn$  のような不純物の拡散にともない自然超格子の無秩序化が進み、拡散の程度によってそのバンドギャップが変化する。すなわち、 $n, p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$  クラッド層2, 40に添加された不純物は、アンドープ  $Ga_{0.5}In_{0.5}P$  活性層3に拡散しそのバンドギャップを変化させてしまう。この傾向は不純物濃度が高いほど顕著であり、半導体レーザの発振波長の再現性の障害となっていた。

【0007】 この発明は、上記課題を解決し、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留まりの素子構造を有する横モード制御型の半導体レーザを提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、請求項1記載の半導体レーザは、少なくとも一方の  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層と  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層との間に、アンドープあるいは低ドープ  $AlGaInP$  層を設けたことを特徴とする。

【0009】 請求項2記載の半導体レーザは、少なくとも一方の  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層と  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層との間に、不純物の拡散係数が  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層より小さい  $AlGaInP$  層を含む単層あるいは多層の拡散抑止層を設けたことを特徴とする。

## 【0010】

【作用】 請求項1記載の構成によれば、 $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  クラッド層と  $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層の間にアンドープもしくは低ドープ  $(Al_x Ga_{1-x}) InP$  層を設けているため、 $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層への不純物の拡散を回避できる。したがって、 $(Al_y Ga_{1-y}) InP$  活性層への不純物の拡散によってもたらされる特性劣化や発振波長のばらつきはなく、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留まりの

半導体レーザが得られる。

【0011】請求項2記載の構成によれば、 $(Al_xGa_{1-x})InP$ クラッド層と $(Al_yGa_{1-y})InP$ 活性層との間に不純物の拡散係数の小さい $AlGaInP$ 層を含む拡散抑止層を設けているため、拡散速度を遅くでき、 $(Al_yGa_{1-y})InP$ 活性層への不純物の拡散を回避できる。したがって、 $(Al_yGa_{1-y})InP$ 活性層への不純物の拡散によってもたらされる特性劣化や発振波長のばらつきはなく、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留りの半導体レーザが得られる。

【0012】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【第1の実施例】図1はこの発明の第1の実施例の横モード制御型の半導体レーザの素子構造を示す断面図である。同図において、1は $n-GaAs$ 基板、2は $n-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層（ $1.0\mu m$ ）、3はアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層（ $60nm$ ）、101はアンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層（ $10nm$ ）、41は $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層（ $1.0\mu m$ ）、6は $p-GaAs$ コンタクト層（ $3.0\mu m$ ）である。5は $n-GaAs$ 電流狭窄層（ $0.5\mu m$ ）である。また7、8はそれぞれ $p$ 側、 $n$ 側電極である。

【0013】この半導体レーザの素子構造の形成は、

（100） $n-GaAs$ 基板を用い、減圧MOVPE法により成長温度 $750^{\circ}C$ 、成長圧力 $50 Torr$ の条件下で行った。原料ガスとしてTMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMI（トリメチルインジウム）、 $AsH_3$ （アルシン）、 $PH_3$ （ホスフィン）、ドーパントガスとして $H_2Se$ （セレン化水素）、DMZ（ジメチル亜鉛）を用いる。

【0014】まず、第1の結晶成長工程で、 $n-GaAs$ 基板1上に、 $n-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層2、アンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3、アンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101、 $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層41、 $p-GaAs$ キャップ層（図示せず）を順次積層する。

【0015】次に、 $SiO_2$ マスク（図示せず）を用いて $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層41を台形状にエッチングし、 $\langle 1-10 \rangle$ 方向のメサストライプを形成した後、第2の結晶成長工程で、メサストライプの側面に $n-GaAs$ 電流狭窄層5を選択的に埋込み成長させる。次に、 $SiO_2$ マスク（図示せず）を除去した後、第3の結晶成長工程で、全面に $p-GaAs$ コンタクト層6を積層する。最後に $p$ 側電極7及び $n$ 側電極8をそれぞれ形成する。

【0016】アンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In$

$0.5P$ 層101を挿入していない従来例の半導体レーザ構造では、発振波長は $676nm$ で、 $50^{\circ}C$ 、 $5mW$ の連続通電試験の結果2000時間程度で劣化するのに対し、この実施例の半導体レーザでは、発振波長は $680nm$ で、 $50^{\circ}C$ 、 $5mW$ の連続通電試験の結果1000時間以上の安定動作が確認された。

【0017】この実施例および従来例の半導体レーザの発光部のSIMS分析を行った結果、従来例の場合、 $p$ 型不純物である $Zn$ の拡散フロントは活性層内であった。不純物の拡散が結晶内で生じた場合、自然超格子が無秩序化しバンドギャップが変化することがわかっている。すなわち、従来例の場合、活性層内で面内および厚さ方向にバンドギャップの変化を生じ、利得のピークを与える光子エネルギーが変わっているため発振波長が異なるものと考えられる。このような場合、拡散した $Zn$ は活性層内に非発光中心となる欠陥の生成をもたらし、信頼性の低下につながっていた。これに対し、この実施例の場合、 $p$ 型不純物である $Zn$ の拡散フロントはアンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101内である。

【0018】以上のようにこの実施例によれば、 $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層41とアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3との間に、アンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101を設けている。そのため、結晶成長中や加工中に $p-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層41から拡散した不純物の $Zn$ は、アンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101に拡散するもののアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3には到達しない。よってアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3内に不純物の拡散によってもたらされる特性劣化や発振波長のばらつきはなく、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留りの半導体レーザが得られる。

【0019】なお、アンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101の代わりに、低ドーパ $AlGaInP$ 層を用いてもよい。また、アンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3の上部にアンドープ $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ 層101を設ける代わりに、アンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3の下部（すなわち、 $n-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層2とアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3との間）に、アンドープあるいは低ドーパ $AlGaInP$ 層を設けても同様の効果が得られる。また、活性層3の上部と下部の両方に設ければ、より良い効果が得られる。

【0020】【第2の実施例】図2はこの発明の第2の実施例の横モード制御型の半導体レーザの素子構造を示す断面図である。同図において、1は $n-GaAs$ 基板、2は $n-(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層（ $1.0\mu m$ ）、3はアンドープ $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層（ $60nm$ ）、102はアンドープ $(Al$

0.6 Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層 (5 nm)、103はアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層 (10 nm)、42はp- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層 (1.0 μm)、6はp-GaAsコンタクト層 (3.0 μm) である。5はn-GaAs電流狭窄層である。また7、8はそれぞれp側、n側電極である。

【0021】この半導体レーザの素子構造の形成は、(100) n-GaAs基板を用い、減圧MOVPE法により成長温度750℃、成長圧力50 Torrの条件下で行った。原料ガスとしてTMG (トリメチルガリウム)、TMA (トリメチルアルミニウム)、TMI (トリメチルインジウム)、AsH<sub>3</sub> (アルシン)、PH<sub>3</sub> (ホスフィン)、ドーパントガスとしてH<sub>2</sub> Se (セレン化水素)、DMZ (ジメチル亜鉛) を用いる。

【0022】まず、第1の結晶成長工程で、n-GaAs基板1上に、n- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層2、アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3、アンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102、アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P103、p- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層42、p-GaAsキャップ層 (図示せず) を順次積層する。

【0023】次に、SiO<sub>2</sub> マスク (図示せず) を用いてp- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層42を台形状にエッチングし、<1-10>方向のメサストライプを形成した後、第2の結晶成長工程で、メサストライプの側面にn-GaAs電流狭窄層5を選択的に埋込み成長させる。次に、SiO<sub>2</sub> マスク (図示せず) を除去した後、第3の結晶成長工程で、全面にp-GaAsコンタクト層6を積層する。最後にp側電極7及びn側電極8をそれぞれ形成する。

【0024】アンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102とアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層103を挿入していない従来の半導体レーザ構造では、発振波長は676 nmで、50℃、5mWの連続通電試験の結果2000時間程度で劣化するのに対し、この実施例の半導体レーザでは、発振波長680 nmで、50℃、5mWの連続通電試験の結果10000時間以上の安定動作が確認された。

【0025】この実施例の半導体レーザの発光部のSIMS分析を行った結果、p型不純物であるZnの拡散フロントは、アンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102内であった。アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層103でのZnの拡散係数はp- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層42のそれより十分小さいので、膜厚は10 nmと薄いが十分拡散を抑制できる。この場合、第1の実施例と比べ、特性的には同等であるが、再現性においてはこの第2の実施例の方が優れている。すなわち、この実施例ではクラッド層42から拡散するZnが効果的に拡散抑止層 (102, 103) にトラップされるため拡散フロント位置が一定して

いる。なお、拡散抑止層となるアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層103およびアンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102は、それぞれ10 nm、5 nmと薄いので光強度分布に与える影響は無視できる。

【0026】以上のようにこの実施例によれば、p- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層42とアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3との間に、クラッド層42より拡散係数の小さいアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層103とアンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102からなる拡散抑止層を設けている。そのため、結晶成長中や加工中にp- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層42から拡散した不純物のZnは、アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P層103にはほぼトラップされ、一部下部のアンドープ (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> P層102に拡散するもののアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3には到達しない。よってアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3内に不純物の拡散によってもたらされる特性劣化や発振波長のばらつきはなく、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留りの半導体レーザが得られる。

【0027】また、アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3の上部に拡散抑止層 (102, 103) を設ける代わりに、アンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3の下部 (すなわち、n- (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層2とアンドープGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層3との間) に、拡散抑止層を設けても同様の効果が得られる。また、活性層3の上部と下部の両方に設ければより良い効果が得られる。

【0028】なお、上述の第1、第2の実施例の説明においては、活性層としてGa<sub>0.5</sub> In<sub>0.5</sub> P活性層を用い、またクラッド層として (Al<sub>0.6</sub> Ga<sub>0.4</sub>) 0.5 In<sub>0.5</sub> Pクラッド層を用いたが、組成、膜厚はこれに限定されるものではない。クラッド層として (Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>) InP、活性層として (Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>) InPであり、0 ≤ y < x ≤ 1 を満足するものである。また基板としてn-GaAs基板を用いたが、p-GaAs基板でもよく、活性層として量子井戸構造を用いてもよい。

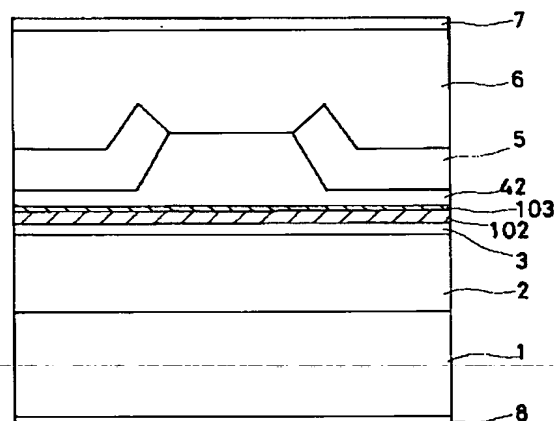
【0029】

【発明の効果】請求項1記載の半導体レーザは、(Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>) InPクラッド層と (Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>) InP活性層の間にアンドープもしくは低ドーパ (Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>) InP層を設けているため、(Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>) InP活性層への不純物の拡散を回避できる。したがって、(Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>) InP活性層への不純物の拡散によってもたらされる特性劣化や発振波長のばらつきはなく、長寿命かつ発振波長の再現性に優れた高歩留りの半導体レーザが得られる。

【0030】請求項2記載の半導体レーザは、(Al<sub>x</sub> Ga<sub>1-x</sub>) InPクラッド層と (Al<sub>y</sub> Ga<sub>1-y</sub>) In

【図 3】従来の半導体レーザの素子構造を示す断面図で

【図 2】



- |     |  |         |
|-----|--|---------|
| 1   | n-GaAs 基板  |         |
| 2   | n-(Al <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub>    | P クラッド層 |
| 3   | アンドープGa <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub>                                     | P 活性層   |
| 4   | p-(Al <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub>    | P クラッド層 |
| 102 | アンドープ(Al <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> | P 層     |
| 103 | アンドープGa <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub>                                     | P 層     |

【図 3】

